E/CONF.39/A/229
1 Nov.1962
ORIGINAL : FRANCAIS

CONFÉRENCE DES NATIONS UNIES
SUR L'APPLICATION DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNIQUE
DANS L'INTÉRÊT DES RÉGIONS PEU DÉVELOPPÉES

Point de l'ordre du jour : A.5.1.4

UNESCO

PROBLEMES PARTICULIERS CONCERNANT LA FORMATION DE GEOLOGUES, D'INGENIEURS DES MINES ET DU PERSONNEL DE MAITRISE

Par E. STRETTA,
Département des Sciences Exactes et Naturelles
de l'UNESCO

Les mémoires rédigés à l'intention de la Conférence des Nations Unies sur l'application de la science et de la technique dans l'intérêt des régions peu développées sont des documents de travail. Ils sont publiés tels qu'ils ont été présentés et les assertions et opinions qu'ils contiennent sont celles de leurs auteurs.

NOTES

1. Les mémoires choisis pour être présentés en séance générale pourront être obtenus à la Conférence dans les langues officielles suivantes des Nations Unies: anglais, espagnol, français et russe.

2. Les mémoires choisis pour être présentés en séance spéciale pourront être obtenus à la Conférence dans l'une seulement de ces langues officielles.

3. Les résumés qui ont été rédigés pour tous les mémoires par les auteurs de ceux-ci pourront être obtenus à la Conférence dans les langues officielles suivantes des Nations Unies: anglais, espagnol, français et russe.

4. Préalablement à la Conférence, les mémoires et les résumés ne feront pas l'objet d'une distribution générale mais d'un tirage restreint destiné aux délégations des gouvernements et autres participants officiels. La publication et la distribution générale des actes de la Conférence s'effectueront conformément aux règles et pratiques agréées par le Comité des publications des Nations Unies.

Problèmes particuliers concernant la formation de géologues, d'ingénieurs des mines et du personnel de maîtrise

par E. STRETTA

Département des Sciences exactes et naturelles
de l'UNESCO

1. Introduction

Le potentiel d'un pays, en ce qui concerne les richesses du sol et du sous-sol, doit contribuer à donner un certain essor au développement économique et permettre son accroissement.

Des ressources aussi variées que les gisements miniers métalliques ou non métalliques, les hydrocarbures, l'eau souterraine, les carrières, ne peuvent être rationnellement exploitées que si l'on connait avec le maximum de précision, non seulement leur existence, mais aussi l'extension des gisements, leur richesse, leur marché et bien entendu, si l'on a la possibilité de les mettre en valeur.

Des géologues, des ingénieurs des mines, des techniciens appartenant à de nombreuses disciplines et du personnel de maîtrise de qualité sont indispensables pour transformer un potentiel minier en richesse effective. Les techniciens qualifiés étant souvent plus rares que les capitaux, c'est donc au sujet du matériel humain nécessaire qu'apparaissent les plus grandes difficultés pour un pays neuf désirant accéder à l'indépendance économique par la mise en valeur de ses richesses naturelles.

En examinant quelques-uns des problèmes particuliers qui peuvent se poser concernant la formation de ces spécialistes, nous considérerons comme admis le fait que tout pays possédant une structure universitaire classique, des Ecoles d'ingénieurs et des Instituts de Technologie, ne peut pas omettre de former également des spécialistes des sciences de la terre, et des ingénieurs chargés de la prospection et de l'exploitation des ressources du sous-sol.

D'autres pays, moins importants par leur superficie, leur population et leur potentiel minier, peuvent réduire la structure des institutions à installer, mais peuvent difficilement se passer de géologues et même de mineurs.

En effet, l'agriculture, les travaux publics, le problème de l'eau sous toutes ses formes, celui des carrières et des quelques produits minéraux disponibles, ont suffisamment d'importance vis-à-vis de l'économie locale pour que les spécialistes correspondants reçoivent dans leur propre pays un minimum de formation de base qui leur permettra d'acquérir ailleurs une spécialisation toujours nécessaire.

2. Relations entre la potentialité minière et les problèmes de personnel.

La planification du développement des sciences de la terre, destinée à dresser, entre autres urgences, l'inventaire des ressources du sous-sol, doit normalement précéder la planification de la mise en valeur de ces mêmes ressources.

Dans l'un et l'autre cas, cette planification doit prévoir l'emploi d'un personnel scientifique et technique très spécialisé et qu'il n'est en général pas possible de se procurer immédiatement sur place, pas plus qu'il n'est souhaitable de le rechercher en totalité à l'étranger.

Les moyens de formation de ces spécialistes doivent être envisagés comme première étape de cette planification, non seulement en relation avec la potentialité minière du pays, mais en tenant compte des techniques

les plus récentes et les plus compétitives sur le plan mondial, ce qui contribue à accroître la difficulté de cette formation.

a) La potentialité minière d'un pays, - étant entendu que les eaux souterraines et les hydrocarbures doivent en faire partie - dépend tout autant des ressources connues que de celles qu'il est possible de découvrir ou d'exploiter, de même qu'elle dépend de nouvelles techniques d'exploitation ou de mise en valeur dont il importe de connaître l'existence.

La "vocation" minière d'une province doit orienter la création sur place d'Instituts spécialisés de géologie ou de mines. Ceci est important dans les pays neufs de vaste étendue où le déplacement de techniciens d'une province à l'autre, ou de la capitale vers les lieux d'utilisation est souvent difficile.

Le Brésil offre à cet égard un exemple typique puisqu'il existe dans ce pays un "état minier", un "état pétrolier", sans parler du célèbre "polygone de la sécheresse" où la mise en valeur des richesses minières peut, à défaut de ressources hydrauliques importantes, sauver l'économie de cette province de 900.000 Km^2 de superficie.

b) La prévision de moyens en matériel et personnel est un aspect particulier du problème de la formation des géologues car il faut envisager non seulement d'avoir d'importants moyens matériels pour l'enseignement des disciplines de base, mais aussi de mettre en oeuvre en même temps que les laboratoires les plus modernes avec tout leur équipement, les techniques les plus efficaces. Celles-ci doivent, en effet, permettre d'aller vite et à coup sûr.

Le retard actuel de certains pays en la matière ne leur permet pas d'hésiter ou d'employer des moyens de prospection plus traditionnels ou moins coûteux.

La carte géologique générale est souvent inexistante, de même que sont inexistants des fonds topographiques suffisamment précis pour être utilisables. Pourtant, cette carte est nécessaire pour la prospection générale de base, comme seront ensuite nécessaires des cartes spécialisées telles que les cartes tectoniques, les cartes géophysiques, les cartes hydrogéologiques, les cartes figurant des écorchés géologiques, les séries de coupes en long et en travers de divers bassins ou de structures particulières, ces dernières généralement utilisées pour la prospection pétrolière.

On sait, par exemple, que l'URSS a entrepris de façon méthodique la prospection géochimique de ses ressources minières. Ce genre de recherche a donné des résultats inespérés, mais la cadence actuelle de prélèvement de terrain pour analyse est de 5 à 6 millions d'échantillons par an. Ceci suppose des moyens exceptionnels de prospection et d'analyse, souvent difficiles à mettre sur pied quand ces techniques doivent être inaugurées dans un pays où l'infrastructure universitaire et technologique n'a pas encore atteint son stade définitif.

c) La planification des moyens de formation des spécialistes, de même que l'installation d'Ecoles, d'Instituts ou de Facultés de géologie et des mines, pose un certain nombre de problèmes parmi lesquels celui du financement est peut-être le plus facile à résoudre.

Un problème plus grave intervient en effet, si l'on considère qu'à un enseignement général de plusieurs années (3 à 5 ans) doit succéder, pour les géologues un enseignement spécialisé et pour les mineurs la possibilité d'accomplir des stages de plusieurs mois dans l'industrie minière, au fond ou en surface, mais à condition que cette industrie soit déjà suffisamment développée et organisée.

Un Institut de Géologie, par exemple, suppose, non seulement qu'un enseignement complet de la géologie, depuis les matières les plus générales jusqu'aux plus spécialisées, soit organisé dans sa théorie et sa pra-

tique, mais aussi qu'un service de recherche parallèle au service d'enseignement soit créé, car ces deux fonctions sont inséparables. En effet, c'est essentiellement à la structure géologique du pays que cet Institut doit adapter son enseignement et c'est dans des laboratoires de recherche annexes que professeurs, assistants et élèves sur le point d'être diplômés devront travailler à parfaire la connaissance du pays ou à adapter avec réalisme l'enseignement au contexte géologique local.

Le problème d'un Institut des Mines est identique, car l'enseignement doit être orienté vers la formation des spécialistes les plus utiles au pays. La nécessité de parer aux urgences les plus grandes, obligera donc à opérer une sélection des spécialités pour lesquelles il est prévu une demande plus importante. Des pays comme l'Inde ou l'Iran ont constaté que leurs professeurs dans les Instituts des Mines, par exemple, étaient des théoriciens, d'ailleurs excellents, mais dont l'enseignement était peu adapté aux réalités et aux problèmes spécifiques de leur propre pays.

d) Certains problèmes humains, bien entendu, ne sont pas spécifiques à ce type de spécialistes à former, et nous analyserons ceux qui peuvent dans certains cas devenir particulièrement aigus.

i) Le personnel enseignant doit nécessairement être un personnel de qualité, qui doit être attiré vers l'enseignement par des avantages matériels ou scientifiques importants. Souvent les spécialistes nationaux sont absorbés par d'autres tâches et sont trop peu nombreux. Il est alors nécessaire de faire appel à des professeurs étrangers avec les inévitables obstacles des problèmes de langue, d'adaptation au pays, d'équilibre entre plusieurs nationalités et également de disparité de salaires. Quoiqu'il en soit, il faut considérer qu'un personnel enseignant de qualité demeure, en tout état de cause, rare et difficile à recruter. C'est pourquoi tout effort dans ce domaine doit porter sur le personnel national auquel on doit donner toutes les possibilités de perfectionnement.

ii) Le recrutement à la base des étudiants pose également des problèmes inédits, car il s'agit, soit de former des naturalistes, soit des ingénieurs ou des techniciens ayant un métier particulièrement rude et qui n'est pas mieux rémunéré que d'autres professions.

Le métallogéniste et le naturaliste sont en général poussés davantage par une vocation que par l'appât d'un gain important et immédiat, exception faite toutefois des ingénieurs ou géologues de la prospection pétrolière pour laquelle les standards USA sont souvent adoptés.

Il faut donc rechercher ou susciter ces vocations et cela parmi des jeunes gens dont le système d'éducation primaire ou secondaire n'a pas toujours donné l'importance voulue aux sciences naturelles ou à la technologie minière. On constate, en effet, dans de nombreux pays, comme par exemple la Turquie, à l'Université Technique d'Istanbul, que les titres d'ingénieur civil (spécialistes en béton en particulier), d'architecte ou de chimiste, sont plus prisés que celui d'ingénieur des mines.

Quant à la géologie, elle est souvent le refuge du jeune aspirant ingénieur rebuté par la physique ou les mathématiques, ce qui donne forcément un recrutement de deuxième choix.

iii) Le problème des débouchés, principalement pour le géologue, est une préoccupation pour de très nombreux pays, même les plus développés, mais il est crucial dans les pays neufs. Il y a, en effet, dans ces derniers une forte disproportion entre les salaires officiels et les salaires de l'entreprise privée et il y a fort peu d'emplois disponibles pour les géologues dans cette dernière. Il appartient donc à l'Etat d'assurer un

débouché suffisant aux géologues et aux ingénieurs chargés de prospections minières, et des salaires en rapport avec la complexité de leurs études et les difficultés inhérentes à leur profession, notamment sur le terrain.

Le cas du Mexique reflète bien cet état de choses. On y voit la plupart des géologues qui viennent d'être diplômés (près de 80%) se diriger vers la compagnie nationale des pétroles par suite du manque de débouchés et des salaires trop bas dans les ministères des travaux publics et des ressources hydrauliques, où l'absence de ces spécialistes se fait pourtant durement sentir. Toujours dans ce même pays, on constate que moins de 1% des ingénieurs formés chaque année dans la seule Université de Mexico sont géologues ou ingénieurs des mines. La raison en est l'absence de débouchés et, par contrecoup, le maigre intérêt que suscite la profession.

Il apparaît donc qu'un certain nombre de dispositions doivent être prises à l'échelon le plus élevé pour permettre aux institutions existantes de travailler avec un meilleur rendement à la formation de spécialistes dans un pays qui en a souvent un pressant besoin, mais qu'il ne sait ni attirer vers la prospection et l'inventaire indispensable des ressources, ni leur fournir les moyens de travail.

En Indonésie, pays d'une superficie de 1,5 millions de Km^2 et 95 millions d'habitants, où les problèmes miniers sont considérables bien que son territoire demeure en grande partie inexploré, on constate que seuls trente géologues et quatre vingts ingénieurs des mines ont une activité liée à leur spécialité. Il y a dans ce cas double problème de formation et de débouchés.

3. Problèmes concernant l'esprit dans lequel doivent être formés ces spécialistes.

Un des problèmes particuliers qui peuvent apparaître réside dans le fait que l'on ne forme pas dans le même esprit et selon les mêmes concepts des géologues et des ingénieurs des mines. Le temps n'est plus où un Institut des Mines formait à la fois des géologues et des ingénieurs comme cela existe pourtant encore dans quelques pays.

Il est indispensable de prévoir tout au moins pour les grands pays, deux systèmes de formation distincts, même si une certaine interdépendance apparaît nécessaire dans plusieurs domaines, ceux concernant la prospection en particulier.

a) Un Institut ou une Faculté des Mines doit exclusivement se présenter de nos jours comme un centre de formation d'ingénieurs bien que quelques-uns d'entre eux soient destinés à la prospection. On ne doit pas oublier que le plus grand nombre d'élèves-ingénieurs s'orientera vers la mise en exploitation des gisements, d'autres vers la technique minière proprement dite ainsi que la commercialisation des produits d'extraction.

Il s'en suit qu'une institution de ce genre, non seulement intéresse un nombre de plus en plus important de disciplines, même dans une seule catégorie de gisements, mais aussi doit varier son enseignement en fonction de la branche à laquelle est destiné le jeune ingénieur. En effet, un enseignement qui s'étend de la recherche appliquée au droit commercial par les intermédiaires de la physique, de la chimie industrielle, de l'électrotechnique, ne saurait s'attacher également avec bonheur à la recherche scientifique pure, laquelle reste la base d'un Institut de Géologie. Il faut noter, en outre, que former des scientifiques dans le cas de ces instituts, consiste surtout à permettre à ceux-ci d'adapter au pays les techniques d'investigation utilisées dans cette discipline.

b) Dans l'enseignement de l'art des mines, l'éventail des spécialistes

à former ne doit pas se cristalliser sur l'ingénieur, mais s'étendre également au technicien et à l'ouvrier spécialisé. La qualité et la rentabilité de l'exploitation minière dépendent tout autant de la dextérité du maître-mineur et du chef d'équipe ouvrière que le forage pétrolier dépend de l'astuce du chef-foreur.

L'ingénieur conçoit, planifie et dirige, mais le technicien réalise et intervient dans l'ouvrage par le biais de son habileté technique et de sa conscience professionnelle.

En matière d'études géologiques, le technicien spécialiste de laboratoire ou de terrain est également indispensable pour aider le géologue, mais dans ce cas, l'éventail des spécialistes du personnel secondaire nécessaire est beaucoup plus réduit, et l'école de techniciens de l'industrie minière peut parfaitement former en même temps les aides-géologues dans leurs diverses spécialités.

Tout ceci suppose que l'on ait la possibilité de former plus encore de techniciens non-ingénieurs par la création d'écoles techniques de diverses spécialités, ou tout au moins que l'on prenne des dispositions pour augmenter considérablement la capacité et le rendement de celles qui existent déjà dans le pays. Dans ce domaine, des Centres régionaux de formation technique, là où le potentiel minier est le plus important, auront la préférence par rapport à ceux installés dans les capitales, même si le recrutement des élèves et leur formation se heurtent à des difficultés plus grandes. Il importe, en effet, d'éviter un déplacement et une adaptation de la main d'oeuvre en intéressant les habitants d'une province à l'exploitation de leurs richesses minières locales.

c) Le titre d'ingénieur des mines, par opposition à celui de géologue, et l'existence de débouchés plus abondants pour les mineurs, font qu'il y souvent pléthore d'ingénieurs par rapport aux géologues, ce qui est actuellement le cas aux Philippines. Dans de nombreux pays les richesses minières en exploitation permettent à l'entreprise privée de se développer à un rythme plus rapide et plus efficace que celui des Instituts chargés de la recherche scientifique, pure ou appliquée, d'où la géologie tire l'essentiel de sa substance. Partout dans le monde on constate que l'ingénieur a eu pendant très longtemps et a souvent encore un prestige plus grand et plus accessible que celui du chercheur scientifique. Ce dernier demeure plus obscur et plus effacé et ne parvient que difficilement à "se faire un nom" à défaut d'avantages pécuniers. L'opinion publique considère souvent, à tort d'ailleurs, que l'ingénieur demeure plus utile au pays que le chercheur isolé dans son laboratoire.

d) Pour cet ensemble de raisons, on préfère donner au géologue le titre d'ingénieur-géologue, car dans tout pays où le nombre de ces spécialistes demeure faible, il est rare que ceux-ci puissent se consacrer à la recherche pure, même si c'est là leur véritable vocation.

De cette manière, on cherche également à ne pas donner au géologue une formation trop essentiellement naturaliste, puisque toutes les sciences de la nature y compris, bien entendu, la géologie, ne peuvent plus de nos jours être enseignées sans une base correcte de mathématiques et de physico-chimie. Les Ecoles de Géologie les plus récemment créées, au Brésil, par exemple, ou les projets de création en Indonésie ou aux Philippines, prévoient toutes un enseignement préparatoire d'une ou deux années pour ces disciplines de base avant d'entrer dans l'enseignement des diverses matières intéressant directement le géologue.

Cependant, malgré son titre relativement nouveau d'ingénieur, le géologue doit demeurer plus largement ouvert vers les sciences naturelles, s'intéresser davantage à la philosophie profonde de sa spécialité, ce qui

n'est généralement pas le cas de l'ingénieur technicien. Tous ces problèmes interdisciplinaires posés par les sciences naturelles doivent être abordés avec de jeunes élèves géologues pour les orienter vers la compréhension des très nombreuses hypothèses qui régissent toute leur profession.

Tandis que l'ingénieur découvre ou applique des techniques de plus en plus perfectionnées et rigides, pour le géologue, la souplesse d'esprit et le sens de l'hypothèse plausible doivent s'allier à la rigueur scientifique du mathématicien, théoricien du raisonnement intellectuel. Il y a là tout un monde qui sépare le technicien du naturaliste. Il faut rapprocher les deux pôles, mais ils ne doivent jamais se fondre en un tout qui serait nécessairement incohérent sinon incompréhensible.

4. Conclusion

Il apparaît donc que les divers problèmes examinés, concernant la recherche scientifique en matière de ressources du sous-sol, dépendent pour une bonne part d'un certain nombre de facteurs économiques. La potentialité minière d'une part, l'industrie minière existante, qu'elle soit traditionnelle ou récemment mise en place, les problèmes divers concernant la géologie générale et surtout l'ensemble de ses applications pratiques, d'autre part, conditionnent directement la planification des moyens de formation du personnel spécialisé.

Compte-tenu de ces divers facteurs, il n'est pas question d'établir un critère commun pour cette planification, et applicable à tous les pays.

La création d'Instituts des Mines ou de Géologie, ou la modernisation de ceux déjà existants, doit impérativement tenir compte de la vocation minière et même de la vocation géologique d'une province favorisée ou de tout un pays.

En même temps, la mise en place d'un enseignement spécialisé tel que nous l'avons défini, doit s'accompagner, et cela est une difficulté majeure, de l'introduction de techniques et de moyens de prospection les plus modernes et les plus spécialisés, de façon à rattraper à la fois un retard scientifique et un retard technique ou économique. On se trouve donc en présence d'un problème humain parfois insoluble, mais dont la résolution conditionne nécessairement la réussite.

Il apparaît donc important, non seulement de connaître avec précision les problèmes qui se posent pour chaque pays, en se méfiant de toute généralisation hâtive, mais aussi d'étudier, pour chacun d'eux, des organismes d'enseignement et de recherches qui soient réellement adaptés à leurs besoins et à leurs possibilités et dans une certaine mesure, à leurs traditions.

Dans ces études entreraient de surcroît un grand nombre des problèmes que nous avons brièvement analysés dans la présente communication, et en particulier ceux concernant la création, simultanée ou non, d'instituts des mines et d'instituts de géologie.

A titre d'exemple, nous citerons enfin à cet égard, la récente enquête effectuée par l'UNESCO et la Commission Economique pour l'Asie et l'Extrême-Orient (ECAFE), et concernant les possibilités et les besoins de l'enseignement de la géologie et du génie minier dans les pays couverts par cette Commission. C'est de cette enquête que nous avons tiré quelques-uns de nos exemples les plus frappants.

En effet, ses conclusions rappellent un certain nombre des points que nous avons évoqués, mais elles insistent également sur le caractère original et particulier de chaque pays en fonction de sa vocation minière ou des ressources en cours d'exploitation.

1518 F - Nov. 1962 - 1,000